

MIGUEL GOLMAYO

LA FIEBRE DEL ORO VERDE

A vertical thermometer is positioned in the center of the cover. The bulb at the top is red and contains a black dollar sign (\$). The liquid inside the thermometer is colored with a gradient: red at the top, transitioning through orange and yellow in the middle, and green at the bottom. There are several small dollar signs (\$) along the scale of the thermometer. The thermometer is superimposed over the large, bold, black title text.

Geopolítica de las energías renovables

Ariel

Miguel Golmayo

La fiebre del oro verde

Geopolítica de las energías renovables

Ariel

Primera edición: abril de 2025

© Miguel Golmayo Fernández, 2025

Derechos exclusivos de edición en español:

© Editorial Planeta, S. A., 2025

Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona

Editorial Ariel es un sello editorial de Planeta, S. A.

www.ariel.es

www.planetadelibros.com

ISBN: 978-84-344-3865-1

Depósito legal: B. 5.375-2025

Impreso en España

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor. Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47. Queda expresamente prohibida la utilización o reproducción de este libro o de cualquiera de sus partes con el propósito de entrenar o alimentar sistemas o tecnologías de inteligencia artificial.



Índice

<i>Introducción</i>	9
-------------------------------	---

PRIMERA PARTE DÓNDE ESTAMOS

1. Calentamiento global: causas y consecuencias	21
2. El reto de financiar la transición ecológica.	47

SEGUNDA PARTE A DÓNDE VAMOS. EN BUSCA DE SOLUCIONES

3. Energías renovables: desafíos y oportunidades.	63
4. Soluciones: energías solar, eólica, hidroeléctrica	81
5. Soluciones nucleares: entre la esperanza y el escepticismo	103
6. Biocombustibles y sostenibilidad: luces y sombras	119
7. Hidrógeno, la energía del futuro: ¿mito o realidad?	139
8. Combustibles fósiles: hacia un uso más responsable	163
9. Materias primas: el desafío oculto de la transición energética	181

Tercera parte
Los principales actores

10. Naciones Unidas y la lucha global contra el cambio climático	211
11. Europa lidera el cambio climático. Algunos dilemas.	225
12. Dos superpotencias en acción: China y Rusia.	249
13. Estrategias divergentes de la India y EE. UU.	269
<i>Epílogo. Un futuro por escribir.</i>	<i>287</i>
<i>Apéndice</i>	<i>291</i>
<i>Acrónimos, símbolos y siglas</i>	<i>307</i>
<i>Notas.</i>	<i>311</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>319</i>
<i>Índice completo.</i>	<i>323</i>

Calentamiento global: causas y consecuencias

Alabado seas, mi Señor, por la hermana nuestra madre tierra, la cual nos sustenta, y gobierna y produce diversos frutos con coloridas flores y hierba.

SAN FRANCISCO DE ASÍS,
«Cántico de las criaturas», *Fonti Francescane*

Esta hermana clama por el daño que le provocamos a causa del uso irresponsable y del abuso de los bienes que Dios ha puesto en ella. Hemos crecido pensando que éramos sus propietarios y dominadores, autorizados a expoliarla. La violencia que hay en el corazón humano, herido por el pecado, también se manifiesta en los síntomas de enfermedad que advertimos en el suelo, en el agua, en el aire y en los seres vivientes. Por eso, entre los pobres más abandonados y maltratados, está nuestra oprimida y devastada tierra, que gime y sufre dolores de parto.

ROMANOS 8,22

Olvidamos que nosotros mismos somos tierra. Nuestro propio cuerpo está constituido por los elementos del planeta, su aire es el que nos da el aliento y su agua nos vivifica y restaura.

Carta encíclica *Laudato si* del santo padre Francisco
sobre el cuidado de la casa común, dado en Roma,
junto a San Pedro, el 24 de mayo, solemnidad
de Pentecostés, del año 2015

CALENTAMIENTO GLOBAL

Esta expresión que parece predecir el fin del mundo, dados los contextos discursivos en que más se ha usado, en realidad simplemente se refiere al hecho de que la atmósfera terrestre, los mares y los océanos se van calentando lentamente; en definitiva, se calienta el planeta. La idea no puede ser más simple, todo el mundo la puede entender sin ningún problema. Lo complicado es comprender por qué se produce este calentamiento, y esto sí que es motivo de profundos debates.

Sus causas han sido, son y serán, motivo de discordia entre diferentes sectores, políticos, económicos, sociales, culturales que, en buena medida, intentan achacarlo a causas que les eximan de cualquier culpabilidad o evitar que afecte a sus negocios. Es decir, la búsqueda de la verdad está, en más ocasiones de las deseadas, totalmente influenciada por intereses que desvirtúan la realidad de los hechos, o los tergiversan de manera que todo parecido con la realidad sea pura coincidencia.

La temperatura del planeta no ha dejado de aumentar desde el comienzo de la revolución industrial. Según los datos de la NASA, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra en 2023 fue la más alta registrada desde que comenzó el mantenimiento de registros en 1880.

¿CÓMO MIDEN LOS CIENTÍFICOS LA TEMPERATURA GLOBAL?

Cada año, las principales agencias meteorológicas del mundo publican las cifras oficiales de temperatura global del año anterior. El problema es que se trata de una magnitud estadística y no física. A diferencia de la temperatura que puede darse en un punto dado, que es una medida precisa en términos físicos, la temperatura media de la Tierra no se corresponde con una realidad inmediata o perceptible, sino que se trata de un promedio. Como procedimiento estadístico complejo, está sometido

do a errores, y no se informa del margen de error de las cifras presentadas. Por ello, tenemos que preguntarnos cómo se hacen estas mediciones.

Para obtener una visión completa, los científicos combinan mediciones en el aire sobre la tierra y en la superficie del océano recogidas por barcos, boyas y, a veces, también por satélites. Pero cada país tiene su propia forma de trabajar y sus propios instrumentos, que han ido evolucionando a lo largo del tiempo, algo que complica el proceso final de cálculo.

La temperatura en cada estación terrestre y oceánica se compara a diario con lo que se considera «normal» para ese lugar y tiempo, generalmente el promedio a largo plazo durante un período de 30 años. Las diferencias entre lo medido y lo «normal» se denominan «anomalías» y permite evaluar cómo cambia la temperatura con el tiempo. Una anomalía «positiva» significa que la temperatura es más alta que el promedio a largo plazo, y una «negativa» significa que es más baja. A partir de las anomalías diarias se obtiene el promedio de todo un mes.

Después de calcular las anomalías anuales de temperatura para cada estación terrestre u oceánica, lo siguiente es dividir la Tierra en cuadrículas de 500 x 500 kilómetros. Se calcula la temperatura media de cada cuadrado combinando los datos de todas las estaciones disponibles. Pero en cada cuadrícula el número de datos obtenidos es totalmente distinto, en función del número de estaciones disponibles.

Por ello, los científicos calculan las temperaturas promedio para los hemisferios norte y sur. Pero el resultado final no es tan simple como sumar los dos números, es algo más complejo para evitar que el hemisferio norte, mejor muestreado, domine el registro de temperaturas. Mareante, ¿verdad?

Aunque hemos intentado obtener datos sobre el margen de error de este procedimiento, no los hemos encontrado. Hay quien acepta el método a pies juntillas y hay quien considera que es un cálculo estimativo poco fiable.

LA TEMPERATURA DEL PLANETA CONTINÚA ASCENDIENDO

¿Dónde está el calentamiento global? Vuelve por favor,
te necesitamos.

DONALD TRUMP

Si los datos generales no parecen muy esperanzadores, los de España, en concreto, son todavía más negativos. Los facilitados por el Observatorio de Sostenibilidad¹ muestran que la temperatura media en España ha aumentado 1,6 °C en los últimos cincuenta años, lo que duplica la subida media mundial en prácticamente la tercera parte de tiempo.

De acuerdo con la Agencia Española de Meteorología, la AEMET esto ha producido un cambio en las estaciones, alargando el verano, en detrimento de la primavera y el otoño. Sus cálculos son de nueve días adicionales de verano por cada diez años. De este modo, su estimación para 2020 era que el verano fuese cinco semanas más largo que en 1980. Y algo así ha sucedido.

Según la AEMET, el año 2023 fue un año extremadamente cálido, el segundo con mayor temperatura media de la serie histórica, que comenzó en 1961. Tan solo 2022 fue más cálido. Fue, también, muy seco, el sexto con menos lluvias de toda la serie y el cuarto del siglo XXI. Pero lo cierto es que el período tenido en cuenta de la serie histórica es realmente insignificante, poco más de sesenta años, como para poder obtener alguna conclusión fiable.

En lo que a temperaturas se refiere, se alcanzó un valor promedio para el conjunto de España de 15,2 °C, una cifra superior en 1,2 °C a la media del período de referencia 1991-2020. La temperatura media ha ascendido en España 1,5 °C desde 1961 y los diez años más cálidos de la serie se han registrado en el siglo XXI.

Pero el calentamiento y enfriamiento del planeta no es nada nuevo; las investigaciones han concluido que, hasta la fecha, han ocurrido ocho ciclos climáticos² en los últimos 800.000 años. Incluso hay constancia de que hace unos 28.000 años, el

planeta experimentó un período cálido similar al actual, pero con una gran diferencia: las concentraciones de gases de efecto invernadero eran inferiores a las actuales, según los datos obtenidos por los científicos a través del análisis de muestras de hielo extraídas en la Antártida y Groenlandia.

La concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera ha pasado de 280 partes por millón (ppm) al comienzo de la era industrial, a 340 ppm a comienzos de la década de los 80 del siglo xx, para alcanzar los 410,9 ppm en 2019, en una curva ascendente que no parece cambiar de tendencia. En 2020, y a pesar de que la emisión de CO_2 había descendido un 7% con respecto al año anterior —de acuerdo con los datos facilitados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE)—³ como consecuencia de la pandemia del COVID-19, la concentración de CO_2 en la atmósfera continuaba subiendo, alcanzando las 411,3 ppm en el mes de septiembre. En 2023 se alcanzaron las 421,08 ppm y subiendo. Para no desanimar al lector, mencionar que algunas instituciones consideran y celebran que la pendiente de la curva está decreciendo. El que no se consuela es porque no quiere.

En este debate sobre el calentamiento global, podemos encontrar básicamente tres tendencias claramente enfrentadas. Un primer grupo, al que llamaremos «creyentes», que consideran que la acción del hombre⁴ es la principal razón de la actual situación. Un segundo grupo formado por los que, aunque son conscientes del calentamiento, piensan que las causas no solo son achacables a la acción de hombre, sino que existen otra serie de razones, debidas a los ciclos naturales climáticos del planeta, que son la causa principal del calentamiento. Estos últimos son denominados por parte de la sociedad, sobre todo por los creyentes, «negacionistas». Pero lo cierto es que muchos de ellos realmente no niegan el calentamiento y no se consideran negacionistas. En lo que no están de acuerdo es en que el hombre y sus acciones sean la causa primigenia del problema.

Y existe un tercer sector, de auténticos «negacionistas obsesivos», que literalmente niegan que el problema exista.

El hecho de juntar a estos dos últimos grupos en uno solo, puede ser interpretado como una maniobra de auténtica distracción promovida por la facción más radical de los creyentes, auténticos talibanes de la ecología. Los que han hecho del movimiento ecológico una religión y de los científicos y políticos que les apoyan sin fisuras sus «sumos sacerdotes», demonizan sin piedad a aquellos que no comulgan con sus ideas en lugar de buscar vías de consenso.

Según los datos facilitados por la NASA, el 97% de la comunidad científica considera que la actividad humana es la razón principal del calentamiento global. La mayoría de las principales organizaciones científicas de todo el mundo han emitido declaraciones públicas que así lo indican, incluidas las academias de ciencias internacionales y estadounidenses, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas y una gran cantidad de organismos científicos de renombre en todo el mundo. Incluso existe un listado⁵ de cerca de 200 organizaciones científicas que apoyan esta idea.

LOS ESCÉPTICOS. DEL ESCEPTICISMO AL NEGACIONISMO

Que se diga que el hombre es responsable del cambio climático es algo que no se puede probar.

SANTIAGO ABASCAL

Como ya se he comentado, el grupo de los escépticos considera que las causas del calentamiento están principalmente en los ciclos naturales climáticos del planeta. De hecho, no les han faltado importantes apoyos en los últimos años.

Donald Trump, gran aficionado a transmitir durante su mandato sus ideas por tuit, publicaba uno en los siguientes términos: «El concepto de calentamiento global fue creado por los

chinos con el fin de hacer la fabricación en EE. UU. menos competitiva».

Pero no pensemos que era el único o el primer dirigente mundial en hacer este tipo de afirmaciones. En 2003, el presidente de la Federación Rusa, Vladimir Putin, también tuvo una intervención destacada: aparte de considerar el calentamiento global como algo positivo para el planeta, comentó que «las temperaturas más cálidas permitirán a los rusos gastar menos en abrigos de piel, mientras que la producción de trigo aumentará, y por ello daremos gracias a Dios».

Con perlas como estas, de dos de los más importantes dirigentes del mundo, no es de extrañar que durante el período de mandato que ambos compartieron (2017-2021), aumentase el escepticismo sobre la posibilidad de alcanzar los objetivos marcados por la ONU para el año 2050 ya mencionados, en cuanto a emisiones de GEI.

Y ahora, tras la reciente victoria el pasado noviembre de Trump en las urnas, ¿qué nuevas perlas podemos esperar de su segundo mandato? No solo de palabra sino principalmente de hechos. En diciembre de 2024, ya tenemos algunos anuncios de sus intenciones, junto con intuiciones y especulaciones al respecto, que no parecen muy halagüeñas para los «creyentes».

De hecho, los miembros de este movimiento se denominaban, hasta el año 2014, «escépticos». Pero, ese mismo año, un grupo de científicos, estudiosos de las teorías de estos escépticos, propusieron que se les pasase a denominar «negacionistas». La razón dada para ello fue que el auténtico escepticismo promueve la investigación científica y crítica, así como el uso de la razón en el examen de afirmaciones controvertidas y extraordinarias. Esta es la base del método científico. En cambio, el negacionismo supone el rechazo *a priori* de las ideas sin consideración objetiva.

Pero los dirigentes mundiales defensores del escepticismo o negacionismo no están solos. Según los datos de octubre de 2020, un 2,9% de la comunidad científica apoyaba este movimiento.

EL EFECTO INVERNADERO

Hay deforestación ilegal, sí, la hay, pero eso se resolvería si los otros países no compraran la madera extraída ilegalmente de Brasil. Hay incendios ilegales, sí, los hay, pero no en la proporción que están diciendo.

JAIR BOLSONARO

La vida en la Tierra está inexorablemente ligada al Sol. Parte de la energía emitida por el astro llega a la superficie terrestre tras haber atravesado la atmósfera, y parte de esta energía es bloqueada en su camino de entrada por los GEI. Una fracción de la misma es absorbida por la superficie terrestre y, posteriormente, irradiada de nuevo a la atmósfera. Esta radiación rebotada debería poder abandonar nuestro planeta sin problema, pero la existencia de una serie de gases bloquea su salida, como ya había sucedido a la entrada, convirtiendo la Tierra en un gigante invernadero. Este proceso, que se produce de manera continua, tiene un efecto acumulativo que genera el denominado calentamiento global.

Un factor importante a tener en cuenta es la persistencia de los gases de efecto invernadero; si alguien piensa que con dejar de emitirlos el problema está resuelto, y que entonces volveríamos rápidamente a valores preindustriales, se equivoca. La presencia de algunos de estos gases puede prolongarse durante varios siglos. Ya hemos visto un ejemplo de ello en el año 2020, con una disminución de las emisiones mundiales de CO_2 , aunque con un aumento de su concentración en la atmósfera.

Estos gases bloqueantes, entre los que se incluye el vapor de agua (H_2O), el ya mencionado dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3), en general siempre han estado presentes.⁶ La cuestión es, ¿qué efecto tiene un incremento constante y no habitual de su concentración en la atmósfera, causado por la intervención del hombre? Además de estos gases, que son producidos por el hombre y de manera natural en la Tierra, otros gases de efecto invernadero

son completamente nuevos, ya que solo los produce el ser humano, por ejemplo, los clorofluorocarburos (CFC); algunos de ellos ya se han prohibido.

El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante en la atmósfera, y el que por tanto más contribuye al calentamiento global, pero sobre él, poco se puede hacer. Sin embargo, hay que tener en cuenta un nuevo factor. El aumento de la temperatura del aire puede provocar una mayor evaporación, que a su vez podría incrementar la concentración de vapor de agua. La realidad es que la influencia del vapor de agua en el cambio climático es compleja y aún no se comprende en toda su magnitud.

El dióxido de carbono (CO_2) es el segundo gas de efecto invernadero más común después del vapor de agua. Está asociado, en parte, a diversas actividades humanas. Uno de los motivos de enfrentamiento entre los defensores de una u otra teoría del origen del calentamiento global, reside en el hecho de que el CO_2 se produce tanto como resultado de la actividad humana como de forma natural en diferentes procesos biológicos. La actividad humana que más CO_2 libera es la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas). La tala y quema de los bosques, y remover la tierra para obtener madera y superficie de pastos y cultivos, es otra importante causa de emisiones a la atmósfera de CO_2 ; sin dejar a un lado el efecto más evidente, la deforestación. El caso de Brasil es especialmente emblemático. Durante la administración de Jair Bolsonaro, la destrucción del bosque amazónico aumentó drásticamente debido a la relajación de la protección medioambiental y a la promoción del desarrollo económico en la zona. Según reportaba Sergio Parra en un artículo publicado en 2022 en *National Geographic*, «casi 20.000 kilómetros de vegetación fueron destruidos. El presidente Lula ha revisado las políticas ambientales, tomando medidas de emergencia. Sin embargo, la deforestación sigue en niveles altos. No obstante, ha experimentado una significativa disminución, mostrando su nivel más bajo desde 2017».

El metano (CH_4), por sí solo, no es realmente un gas de efecto invernadero, pero el problema surge al reaccionar con

otros radicales presentes en la atmósfera, lo que ocasiona su transformación en CO_2 . Las aportaciones de metano a la atmósfera son de lo más diversas. Desde el tratamiento de aguas residuales, pasando por actividades agrícolas y ganaderas que conlleven fermentaciones, o la descomposición anaeróbica de las plantas, en procesos digestivos de animales y en la simple generación de estiércol.

El óxido nitroso (N_2O) será el último de los gases de efecto invernadero que vamos a comentar. Puede parecer sorprendente, pero de acuerdo con los estudios publicados, la principal fuente del N_2O son las emisiones producidas en terrenos agrícolas, por el empleo de fertilizantes nitrogenados, ocupando un segundo lugar el empleo de combustibles fósiles.

UNA CUESTIÓN DE CIFRAS

Lo cierto es que China es, a todas luces, el mayor contaminante del mundo, pero no es menos cierto que también es el segundo país con mayor población. Según cifras de 2023, 1.425 millones de seres humanos, por detrás de la India con 1.428. Tras ellos, aunque a muy larga distancia, los EE. UU. con 336 millones.

¿Por qué mencionamos este dato? Creemos que es importante tener en cuenta el volumen de población y la contaminación por habitante, para tener otra perspectiva del asunto. A algunos les podría resultar sorprendente cuáles son los habitantes que más contaminan en el mundo.

Catar, con una población que no alcanza los tres millones es, por habitante, el mayor contaminante del mundo con aproximadamente 49 toneladas anuales de CO_2 por habitante. Seguido de Curazao con una población de apenas 192.000 habitantes y 39 toneladas de CO_2 para cada uno. En este nuevo enfoque, China no está, ni entre los veinte primeros países más contaminantes del mundo por habitante. Los EE. UU. ocupan el puesto 11 y Canadá el 14. India, Rusia, Japón, Alemania, Irán, y Corea del Sur se caen igualmente de la lista del top 20,

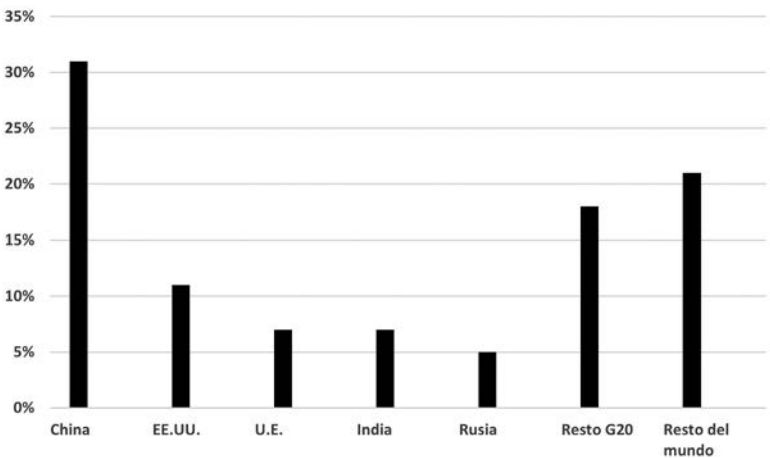
una lista en la que se incluyen seis países del Golfo Pérsico: Catar, Kuwait, Emiratos Árabes Unidos, Bahréin, Arabia Saudí y Omán. En definitiva, 9 de los 10 países más contaminantes del mundo se caen de la lista del top 10 en contaminación por habitante, y 7 del top 20 por habitante. La estadística es un arma de doble filo.

Los países más contaminantes por habitante son, en el siguiente orden: Catar, Curazao, Trinidad y Tobago, Kuwait, Emiratos Árabes, Brunei, Bahréin, Nueva Caledonia, Arabia Saudí y Australia.

Volvamos ahora a una visión más global. De acuerdo con los datos facilitados por Naciones Unidas, las emisiones de CO₂ de los países miembros del G20 aumentaron un 1,2% en 2021. El G20 representa el 78% de las emisiones del planeta. Según esa misma fuente, «el consumo global de energía primaria se intensificó en 2022 —este auge en la demanda se cubrió fundamentalmente con más carbón, petróleo y electricidad renovable—, si bien el consumo de gas retrocedió en un 3% tras la crisis energética y la guerra en Ucrania».

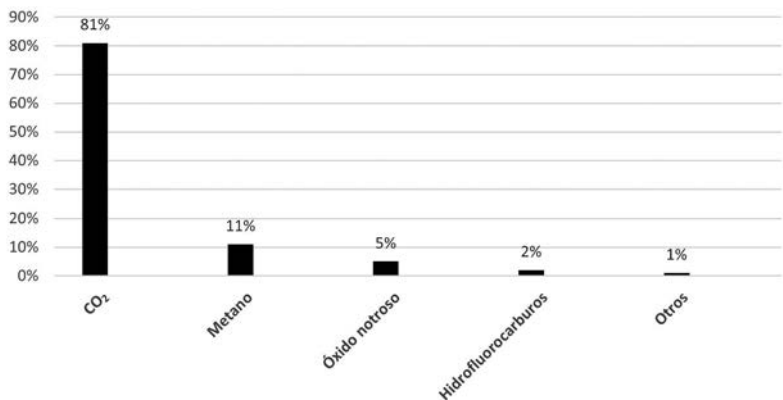
Emisiones de gases de efecto invernadero en 2021 según la ONU

GRÁFICO 1.1.



Los porcentajes de emisiones de gases de efecto invernadero, en el mundo, fueron, aproximadamente:

GRÁFICO 1.2.



Según las estimaciones publicadas por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en su último informe *Tendencias y proyecciones* de 2023, las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE disminuyeron un 2 % en 2022 con respecto a los niveles de 2021. Para alcanzar el objetivo de reducción de emisiones de 2030, ya entonces se consideraba que el ritmo de reducción anual de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa debería como mínimo duplicarse, circunstancia que parece que no ha sucedido a fecha de hoy, mediados de 2024.

Es habitual encontrar relaciones exhaustivas de los países más contaminantes, o los países con mayor producción de petróleo, gas o carbón. Pero no es frecuente ver listados de las empresas más contaminantes del mundo, con independencia de a qué país o sector pertenezcan.

En el año 2022, Eco Sfera publicó un informe (S1.1) sobre las compañías más contaminantes del mundo en emisiones de CO₂ y metano. Esas compañías fueron responsables del 35 % de las emisiones de estos dos gases aquel año. De ellas, 12 son de propiedad estatal. Pero si algo destaca, digamos por su cuota de cinismo, es entrar en la página web de muchas de ellas y ver que se publicitan como la quintaesencia en la lucha contra

el cambio climático, junto con su gran apuesta por las energías renovables. La lista está encabezada por la Compañía Estatal China del carbón que genera el 14,3 % del CO₂ mundial, seguida de la petrolera Saudí Aramco que produce el 4,5 % de todas las emisiones mundiales.

TABLA 1.

1. Compañía Estatal China del carbón	11. BP
2. Saudí Aramco	12. Chevron
3. Gazprom	13. Petróleos de Venezuela
4. National Iranian Oil Co	14. Abu Dhabi National Oil Co
5. ExxonMobil	15. Poland Coal
6. Coal India	16. Peabody Energy
7. Pemex	17. Sonatrach
8. Arktikugol (estatal rusa del carbón)	18. Kuwait petroleum Corp
9. Royal Dutch Shell	19. Total SA
10. Petro China	20. BHP Billiton

En España, las empresas más contaminantes han sido:

TABLA 2.

2016	2019	2022	2023
Endesa	Endesa	Repsol	Repsol
Gas Natural Fenosa*	Repsol	Endesa	Endesa
Repsol	Naturgy	EDP	EDP
EDP	EDP	Naturgy	Naturgy
Arcelor Mittal	Arcelor Mittal	Arcelor Mittal	Arcelor Mittal
CEPSA	CEPSA	CEPSA	CEPSA
Iberdrola	Viesgo	FCC	FCC
Viesgo	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola
Cementos Portland	CEMEX	Enagás	Enagás
CEMEX	LafargeHolcim	CEMEX	Cemex

* Gas natural Fenosa cambió su nombre por el de Naturgy en 2018.

Repsol, con su imparable carrera por los biocombustibles, publicitada sin descanso en los medios de comunicación durante 2024, consiguió alcanzar la primera posición como compañía con más emisiones de CO₂ de España en 2022, mismo año en que alcanzó los mejores resultados económicos de su historia, con unos beneficios netos de 4.251 millones de euros. En 2023, continuó liderando la carrera por ser la compañía con más emisiones de CO₂ en España. Su carrera ascendente, desde 2016, donde ocupaba una modesta tercera posición es un ejemplo de superación. No obstante, hay que reconocer que desde 2019 sus emisiones han disminuido año tras año, pero ello no le permite abandonar la posición del oro en el podio de los contaminantes.

Una curiosidad. Según declaraba el BBVA en 2022, «los fondos verdes o sostenibles son instituciones de inversión colectiva que eligen los activos que conforman su cartera en función de criterios ambientales, sociales y de gobierno corporativo (ASG). Su alta rentabilidad y la elevada reputación social está llevando a esta inversión a ser predominante en el mercado».

En junio de 2024, InfoLibre publicaba que los fondos que se venden en España como sostenibles, habían destinado a la empresa Repsol el 62 % de lo invertido en compañías petrolíferas. Suponemos que por su elevados «criterios sociales y de gobierno corporativo» y «elevada reputación social» al ser la empresa más contaminante de España, ¿o será por los pingües beneficios que obtiene?

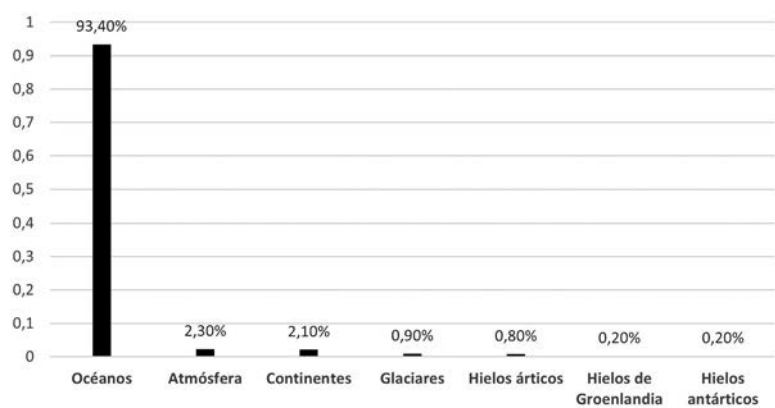
LA HISTORIA VIENE DE LEJOS

La comunidad científica es consciente del efecto invernadero desde mucho antes de que este debate comenzase. En 1824, el matemático y egiptólogo francés Jean-Baptiste-Joseph Baron Fourier⁷ (1768-1830), decía que la temperatura de la Tierra sería más fría en ausencia de la atmósfera. Claro está que sin atmósfera habría que medir la temperatura de la superficie terrestre: aunque de día se calentaría mucho, de noche se enfriaría en extremo.

En 1905, el científico sueco Svante Arrhenius (1859-1927) constató científicamente el efecto invernadero, demostrando que el aumento de la concentración de dióxido de carbono, como consecuencia del empleo masivo de carbón y petróleo, era una de las causas del calentamiento global. Desde entonces, y gracias a su descubrimiento, durante más de un siglo se han realizado numerosas investigaciones sobre la influencia de la actividad humana en este fenómeno.

Pero la energía extra que el efecto invernadero no deja salir y que, por tanto, permanece en la Tierra, ¿dónde se acumula? De acuerdo con los datos de *Cambio Climático Total* (Gráfico 1.3) la distribución es aproximadamente:

GRÁFICO 1.3. *Acumulación de energía*



Con estos datos, aproximados, queda claro que los océanos son los grandes acumuladores del exceso de energía. Aunque teniendo en cuenta que representan casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre, esto tiene cierta lógica.

Como ya se mencionó, en 2020 se produjo una caída del 7 % en las emisiones totales de CO₂ debido principalmente a la pandemia del COVID-19, si bien es cierto que la concentración de CO₂ en la atmósfera continuó al alza.

La evolución del incremento de CO₂ (Tabla 1.3), en diferentes períodos, con respecto al 2020 ha sido:

TABLA 1.3.

<i>Período</i>	<i>Incremento de CO₂</i>
Preindustrial a 2020	48 %
De 1990 a 2020	16 %
De 2015 a 2020	3 %

LAS CAUSAS DEL EFECTO INVERNADERO

La actividad humana contaminante se centra básicamente en el empleo de combustibles fósiles, que representa el 80 % de la energía total que se consume en un año, así como, en menor medida, en actividades relacionadas con la agricultura o la ganadería (se estima que una vaca, por su proceso intestinal, produce 90 kilos de metano al año, lo que equivale, en CO₂, al consumo de 120 litros de gasolina). La generación de electricidad, el transporte o la industria son sectores contaminantes cuyo nivel de importancia depende del desarrollo de los países o regiones.

Por otro lado, los procesos naturales contaminantes son muy diversos: erupciones volcánicas, variaciones en las emisiones de energía por parte del Sol, patrones oceánicos cíclicos como El Niño y La Niña, emisiones procedentes de animales, vegetación, mares, etc.

En cuanto a las emisiones volcánicas, son susceptibles de producir gases de efecto invernadero porque uno de los principales gases emitidos por estas erupciones es el CO₂. Si bien esta aportación de CO₂ a la atmósfera, en la era preindustrial, pudo suponer un porcentaje importante, lo cierto es que los últimos estudios estiman que, en la actualidad, las emisiones volcánicas de CO₂ representan un 1 % aproximadamente de las emisiones anuales de este gas. Por otro lado, las emisiones volcánicas de dióxido de azufre, segundo gas en volumen emitido en una erupción, reaccionan en la estratosfera transformándose en ácido sulfúrico. La presencia de este ácido, a modo de aerosol, refleja la luz solar, como muchos otros, causando el

enfriamiento terrestre. Por tanto, podríamos decir que su efecto es más bien anti-efecto invernadero, en contra de lo que muchos creen.

El año 1816 es conocido en la historia como «el año sin verano», debido a los efectos de la erupción del volcán Tambora en Indonesia ocurrida en 1815. Esta erupción emitió tal cantidad de gases y cenizas a la estratosfera⁸ que la radiación solar apenas podía atravesarla, lo que se tradujo en un enfriamiento general en Europa y América del Norte. Posteriormente, en 1883 el volcán Krakatoa, también en Indonesia, produjo tal erupción que las cenizas y gases superaron la estratosfera, llegando hasta la mesosfera (80 kilómetros de altura) donde permaneció durante años: se estima que esto originó un enfriamiento de la Tierra de 1,2 °C aproximadamente.

Dependiendo de las fuentes consultadas, el ser humano emite al año entre 26 y 30 gigatoneladas de CO₂ a la atmósfera, la vegetación emite unas 220 y el mar unas 335. De esta forma, y considerando el importante baile de cifras, las emisiones humanas representan entre un 5 % y un 10 % de las emisiones anuales; el resto lo emitiría la naturaleza.

Los negacionistas estiman que las emisiones del hombre no son lo bastante significativas como para ser la causa del cambio climático, como se pretende hacer creer a la humanidad. Pienzan que, en su mayoría, son absorbidas por el propio ciclo natural. Algunos alegan, como una posible causa del efecto invernadero, algo tan simple como el hecho de que la radiación emitida por el Sol esté aumentando y, por ende, la energía que llega a la superficie terrestre es mayor que la de hace unos años. Pero en el año 1978 se comenzaron a obtener medidas de la energía radiada por el Sol gracias al empleo de satélites.⁹ Y los datos obtenidos hasta la fecha han demostrado lo contrario a los deseos de estos negacionistas.

La realidad, tozuda en ocasiones, es que la energía radiada por el astro rey ha ido ligeramente en descenso. Los estudios de la NASA no finalizan ahí, sino que estiman que tan solo un 10 % del calentamiento global alcanzado durante el pasado siglo xx, podría ser achacado a variaciones de la radiación solar.

Por su parte, los «creyentes» consideran que la naturaleza no es capaz de absorber esta cantidad extra de CO_2 de origen humano; el ciclo natural no puede con esa carga extra de CO_2 . En este punto las posturas están enrocadas.

OTRA POTENCIAL CAUSA DEL CALENTAMIENTO

Es necesario explicar un nuevo concepto, las variaciones de la órbita terrestre, que no tienen nada que ver con el efecto invernadero, pero sí pueden estar relacionadas con el calentamiento global y los ciclos climáticos, y que no dependen de ninguna intervención humana.

El matemático francés Alphonse Joseph Adhemar (1797-1862) planteó en su obra *Les Revolutions de la Mer*, en 1842, la primera propuesta plausible de cómo los eventos astrológicos podían ser causa de las glaciaciones. Por entonces ya nadie discutía que la Tierra se movía en una órbita elíptica alrededor del Sol, mientras giraba sobre su eje que estaba inclinado con respecto a la órbita. La Tierra está más cerca del Sol en ciertas épocas del año, al tiempo que, debido a la inclinación del eje, el hemisferio sur tiene un invierno ligeramente más largo que el norte. Adhemar consideraba que esta era una posible explicación a la gran capa de hielo existente en la Antártida, dado que de media recibe 170 horas menos de sol al año que el norte. Esto sería suficiente para que las condiciones meteorológicas permitiesen la acumulación de hielo.

Adhemar era consciente de que el eje de la Tierra no apuntaba constantemente en la misma dirección sino que se movía trazando una órbita circular que tardaba 26.000 años en completarse. Basándose en ello consideraba que cada 26.000 años debería producirse un período glacial. Pero casi nadie apoyó sus teorías.

Adhemar no fue el único en investigar las causas naturales del cambio climático. El científico escocés James Croll (1821-1890), publicó, en 1864, su primer trabajo sobre las causas naturales del cambio climático, trabajo que completó en 1875

con la publicación de su obra *Climate and Time*. Su investigación le llevó a concluir que los ciclos glaciares estaban relacionados con variaciones en la órbita de la Tierra. Estudió la excentricidad de la órbita terrestre y su relación con los períodos glaciales. Calculó tablas de excentricidad para tres millones de años en el pasado y un millón de años para el futuro, buscando los períodos de alta excentricidad, que según su teoría, deberían coincidir con los ciclos de frío extremo. Señaló algunas circunstancias físicas que afectarían al clima, causadas en gran medida por la alta excentricidad, y de ellas destacó el cambio de las corrientes oceánicas, en concreto la corriente del Golfo como un agente destacado en la distribución del calor en la superficie terrestre. Mantenía que una alta excentricidad ocasionaba una elevada concentración de nieve y hielo en el hemisferio cuyo invierno ocurriese en el Afelio,¹⁰ y efectos opuestos en el hemisferio que tuviese el invierno en el Perihelio.¹¹ Con arreglo a sus teorías, cuando el hemisferio norte se está enfriando, los vientos alisios del noreste superan con creces los vientos alisios del sureste y, por lo tanto, desvían la corriente del Golfo hacia el océano Antártico. La desviación de esta corriente cálida, combinada con otras causas, colocaría a Europa en condiciones glaciales, mientras que la temperatura del océano Austral se elevaría.

La realidad es que tanto las investigaciones de Joseph Adhemar como las de James Croll sobre las causas naturales del cambio climático, fueron en general ignoradas. Hasta que el ingeniero civil de origen serbio Milutin Milankovitch (1879-1958) planteó su teoría sobre la influencia del movimiento terrestre en el cambio climático, el mundo no tomó conciencia de la importancia de dichas teorías.

Milankovitch determinó que son los movimientos orbitales el origen de las glaciaciones. Si bien las variaciones de la radiación solar tienen cierta importancia, no son suficientes como para producir grandes cambios. Para Milankovitch las glaciaciones se producen por «alta excentricidad, baja inclinación y una distancia grande entre el Sol y la Tierra», las interglaciaciones por «baja excentricidad, gran inclinación y distancias me-

nores entre el Sol y la Tierra». Resumiendo, las variaciones de la órbita terrestre son el origen natural del cambio climático.

Los negacionistas consideran que las teorías de Milankovitch son válidas y están en plena vigencia, y que no es, como intentan hacernos creer ahora, la mano del hombre, la causante del cambio climático. A este argumento añaden otras circunstancias igualmente válidas para ellos. En primer lugar, las variaciones de las emisiones solares, de las que ya hablamos con anterioridad y, en segundo lugar, las emisiones naturales a la atmósfera de CO₂.

En contra de este argumentario nos encontramos a una gran parte de la comunidad científica que, en principio no niegan ninguna de las teorías de Milankovitch, pero consideran que tienen que ver más con los cambios de las estaciones que con el cambio climático. Por otra parte, su teoría se refiere a períodos de miles de años, en contra de lo que estamos viviendo en la actualidad, que abarca un período mucho menor.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS CONSECUENCIAS

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas define el cambio climático como el «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables».

Es cierto que el clima no ha sido constante a lo largo de la vida de nuestro planeta, pero los estudios realizados sobre el clima durante estos últimos años han demostrado que nunca, hasta el comienzo de nuestra era industrial, los cambios habían sido tan excepcionales.

Está aceptado, entre la mayoría de la comunidad científica, que el cambio climático es una consecuencia directa del calentamiento global, pero sus consecuencias van mucho más allá de una simple subida generalizada de las temperaturas. Desde la elevación del nivel del mar a la aceleración del deshielo en

grandes regiones heladas del planeta, pasando por la subida de las temperaturas, grandes olas de calor, el cambio del régimen de precipitaciones, profundos períodos de sequía, etc.

Los científicos más reputados coinciden en que si no se adoptan medidas urgentes la temperatura global puede subir unos 2,5 grados centígrados en la Tierra para el año 2050, con respecto a la temperatura previa a la era industrial. Entre otros efectos, este calentamiento ocasionaría el descongelamiento del permafrost,¹² lo que provocaría la liberación de cantidades importantes de metano. También estiman que el calentamiento puede permanecer por cientos o miles de años. No obstante, consideran que limitarlo a 1,5 o 2 grados centígrados, podría reducir de forma significativa los riesgos.

De acuerdo con el estudio presentado por la consultora McKinsey & Company en septiembre de 2020, el riesgo climático tiene siete características:

- **CRECIENTE.** El riesgo climático generalmente está aumentando en todo el mundo, es decir, no es un problema regional, aunque algunos países pueden obtener ciertos beneficios (Canadá, Rusia o países del norte de Europa).
- **ESPACIAL.** Los riesgos climáticos se manifiestan localmente de maneras distintas. Existen variaciones significativas entre países y dentro de un mismo país.
- **NO ESTACIONARIO.** Durante siglos, los mercados financieros, las empresas, los gobiernos y las personas han tomado decisiones en el contexto de un clima estable. Reemplazar un entorno estable por uno en cambio permanente significa que la toma de decisiones basada en la experiencia puede resultar poco fiable; se ven afectados desde los cálculos de los parámetros para grandes proyectos de ingeniería hasta los riesgos que la banca debe tener en cuenta a la hora de conceder préstamos.
- **NO LINEAL.** Los sistemas creados por el hombre han evolucionado y se han optimizado con el tiempo para

soportar ciertos umbrales. Esos umbrales ahora se ven amenazados. Por ejemplo, los edificios diseñados para resistir un cierto nivel de inundaciones, no resistirán inundaciones de mucha mayor envergadura y periodicidad, o las cosechas, adaptadas a un determinado clima, pueden no soportar ahora variaciones significativas.

- **SISTÉMICO.** Los riesgos climáticos pueden tener repercusiones en todas las regiones y sectores, a través de sistemas socioeconómicos y financieros interconectados. Por ejemplo, si una región comienza a sufrir inundaciones no habituales, las viviendas no estarán preparadas para ello y sufrirán daños, su valor se depreciará, los seguros subirán, etc.
- **REGRESIVO.** Las comunidades y poblaciones más pobres del mundo son las más vulnerables.
- **DESPREVENIDO.** Nuestra sociedad no se ha enfrentado antes a una amenaza como el cambio climático, por lo que no estamos preparados. El ritmo y la escala de la adaptación deben acelerarse.

Lo cierto es que este estudio poco aporta a lo ya sabido y a lo cacareado por los sectores más ultraortodoxos de los «creyentes», que a buen seguro lo suscribirán al cien por cien. Otros lo consideran poco más que un panfleto propagandístico políticamente muy correcto.

EL CAMBIO ECONÓMICO-CLIMÁTICO: EL INFORME STERN

En el año 2006, sir Nicolas Stern (1946), vicepresidente sénior del Banco Mundial del 2000 al 2003, emitió un informe sobre *La economía del cambio climático*, encargado por el Tesoro Británico. No se trata de un informe científico, sino económico. En él concluye que, de no actuar con rapidez, el cambio climático podría causar una pérdida global del 20% del Producto Interior Bruto (PIB) mundial. En el propio informe se aconseja

que para evitar esa catástrofe sería necesario invertir el 1 % del PIB con el fin de mitigar los efectos del cambio climático.

Quizás en esta afirmación de la necesidad de inversión esté el quid de la cuestión; ¿podemos o estamos dispuestos a realizar tal inversión? El problema que se plantea es que se trata de una inversión desde ya, a corto, medio y largo plazo, pero siempre esperando resultados futuros, y eso en general no gusta. Gastar hoy, buscando un bienestar que gran parte de los presentes nunca verán se hace, cuando menos, incómodo. Pero no queda ahí el asunto, el informe considera que estos datos económicos se corresponden con una concentración, para el año 2050, de entre 500 y 550 partes por millón de CO₂ en la atmósfera, lo que supondría un aumento de temperatura de unos 3 °C, muy lejos de los 1,5 o 2 °C considerados por la ONU. En resumidas cuentas, de ser ciertas sus estimaciones, debemos asumir un desastre medioambiental mucho mayor del estimado para aumentos de temperatura de entre 1,5 y 2 °C.

UNA CUESTIÓN DE SACRIFICIO

Con independencia de quién tenga razón, el mundo se ha movilizadado para reducir el cambio climático, mediante el intento de controlar el aumento de la temperatura. ¿Cómo? Reduciendo al máximo la emisión de GEI, fijando objetivos claros para el año 2050.

Por tanto, determinar quién tiene la razón, ahora, no es lo más relevante. Los políticos, los científicos, la industria energética, la población, etc., en general, parece que han respaldado la postura de que el ser humano y sus emisiones de gases de efecto invernadero son en gran medida los responsables del cambio climático. Además, controlan mayoritariamente los medios de comunicación donde no cesan de hacer campaña a favor de esta postura, e impiden o dificultan, en muchas ocasiones, la difusión de otras opiniones. De este modo, ha comenzado una carrera para alcanzar los objetivos marcados: la velocidad de arranque fue lenta, pero la perspectiva es que

vaya cogiendo velocidad y, una vez a velocidad de crucero y con la inercia necesaria, acabe siendo prácticamente imparable. ¿Se cumplirán los plazos y los objetivos marcados por la ONU? A buen seguro que no, pero eso es otro asunto. En un proyecto de esta envergadura, plazos y objetivos, por ahora, podríamos decir que ocupan una segunda posición. Primero busquemos cómo llevarlo a cabo y cómo pagarlo, tanto en fondos, como en sacrificios con respecto a nuestro modo de vida.

El sacrificio es una cuestión muy a tener en cuenta. Ya quedó claro en los debates de la COP 28 sobre si sería posible erradicar el consumo de combustibles fósiles; la respuesta fue contundente: mientras el primer mundo no esté dispuesto a sacrificar parte del nivel de bienestar alcanzado, será imposible erradicar los combustibles fósiles. Mientras el tercer mundo no esté dispuesto a no intentar alcanzar el nivel de bienestar del primer mundo, será igualmente imposible lograr los objetivos. Los resultados de la reciente COP 29, de noviembre de 2024, no pueden ser menos esperanzadores: la oferta de financiación de los países donantes para la lucha contra el cambio climático apenas alcanza el 30 % de lo solicitado por los países beneficiarios de las donaciones. Podríamos entonces concluir que el objetivo de las Naciones Unidas para el 2050 es, en diciembre de 2024 y tras la COP 29, una utopía.

En conclusión, tal y como hemos plasmado en este capítulo, no hay duda de que el cambio climático se está produciendo; de hecho, el clima siempre está cambiando. Parece que diferentes investigaciones han demostrado de manera irrefutable que se está produciendo.

Las dudas comienzan al hablar del calentamiento global y sus causas. Que el hombre está generando ingentes cantidades de CO₂ y que lo seguirá haciendo durante años, no nos cabe ninguna duda, pero que esta sea la causa principal del calentamiento global, eso ya es otra cuestión.

Las emisiones del hombre representan, aproximadamente, el 8 % de las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera. Pensar

que este porcentaje, por cierto no muy alto, sea el culpable del 100 % del calentamiento global del planeta parece exagerado. Pruebas científicas que lo confirmen sin ningún género de dudas, ninguna.

Otro tema es el problema de la contaminación y sus efectos sobre la salud. Y otra cuestión son los desastres ecológicos que, en aras de un desarrollo industrial y económico, se han producido y se continúan produciendo. Aquí el hombre, calentamiento global aparte, sí debería actuar con prontitud.